optris® CTratio

Glasfaser-Quotientenpyrometer

Bedienungsanleitung

optris
infrared thermometers

CE-Konformitätserklärung

Das Gerät entspricht den folgenden Standards:

EMV:	EN 61326-1:2006 (Grundlegende Anforderungen)
	EN 61326-2-3:2006
Sicherheit:	EN 61010-1:2001
Lasersicherheit:	EN 60825-1:2007

Das Produkt erfüllt die Anforderungen der EMV-Richtlinie 2004/108/EG und der Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG.

Optris GmbH
Ferdinand-Buisson-Str. 14
D – 13127 Berlin

Tel.: +49-30-500 197-0
Fax: +49-30-500 197-10

E-mail: info@optris.de
Internet: www.optris.de

Verweise auf andere Kapitel werden durch dieses Symbol gekennzeichnet: ►

Gewährleistung

Sollten trotz sorgfältiger Qualitätskontrolle Gerätedefekte auftreten, bitten wir Sie, sich umgehend mit unserem Kundendienst in Verbindung zu setzen. Die Gewährleistungsfrist beträgt 24 Monate ab Lieferdatum. Nach diesem Zeitraum gibt der Hersteller im Reparaturfall eine 6-monatige Gewährleistung auf alle reparierten oder ausgetauschten Gerätekomponenten. Nicht unter die Gewährleistung fallen Schäden, die durch unsachgemäße Behandlung, Öffnung des Gerätes oder Gewalteinwirkung entstanden sind. Der Hersteller haftet nicht für etwaige Folgeschäden oder bei nicht bestimmungsgemäßem Einsatz des Produktes. Im Falle eines Gerätefehlers während der Gewährleistungszeit erfolgt eine kostenlose Instandsetzung bzw. Kalibrierung des Gerätes. Die Frachtkosten werden vom jeweiligen Absender getragen. Der Hersteller behält sich den Umtausch des Gerätes oder von Teilen des Gerätes anstelle einer Reparatur vor. Ist der Fehler auf eine missbräuchliche Verwendung oder auf Gewalteinwirkung zurückzuführen, werden die Kosten vom Hersteller in Rechnung gestellt. In diesem Fall wird vor Beginn der Reparatur auf Wunsch ein Kostenvoranschlag erstellt.

Inhalt

	Seite		Seite
Beschreibung	**3**	**Bedienung**	**26**
Lieferumfang	4	Sensoreinstellungen	26
Wartung	4	**Software CompactConnect**	**32**
Sicherheitshinweis	5	Installation	32
Hinweise	5	Kommunikationseinstellungen	33
Werksvoreinstellung	6	**Prinzip der Infrarot-Temperaturmessung**	**34**
Technische Daten	**7**	Das Quotientenprinzip	35
Allgemeine Spezifikation	7	**Emissionsgrad**	**38**
Elektrische Spezifikation	8	Definition	38
Messtechnische Spezifikation	9	Bestimmung eines unbekannten Emissionsgrades	38
Optik	10	Charakteristische Emissionsgrade	39
Mechanische Installation	**13**	Charakteristische Emissionsgradverhältnisse (Slope)	40
Zubehör	15	Bestimmung eines unbekannten Slope-Wertes	40
Laservisier	17	Signaldämpfung	40
Elektrische Installation	**18**	**Anhang A – Emissionsgradtabelle Metalle**	**42**
Anschluss der Kabel	18	**Anhang B – Emissionsgradtabelle Nichtmetalle**	**44**
Masseverbindung	20	**Anhang C – Adaptive Mittelwertbildung**	**45**
Aus- und Eingänge	**21**		
Analogausgang	21		
Digitale I/O Pins	22		
Programmier-Schnittstelle	23		
Relaisausgänge	24		
Alarme	25		

Beschreibung

Die Sensoren der Serie optris CTratio sind berührungslos messende Infrarot-Temperatursensoren.
Sie messen die von Objekten emittierte Infrarotstrahlung und berechnen auf dieser Grundlage die Oberflächen-temperatur. Das CTratio kann sowohl im 1-Kanalbetrieb als auch im Quotientenbetrieb (2-Kanalbetrieb) messen **[► Prinzip der Infrarot-Temperaturmessung]**. Der Messkopf des CTratio besteht aus Edelstahl (Schutzgrad IP65/ NEMA-4) und ist über ein robustes Glasfaserkabel, das durch einen flexiblen Metallschlauch geschützt wird, mit der Auswerteelektronik (Zink-Druckgussgehäuse) verbunden.

1-Kanalbetrieb [1C]
Der 1-Kanalbetrieb ist für Anwendungen geeignet, bei denen die Sicht auf das Messobjekt nicht durch Hindernisse oder Gase bzw. Staub behindert ist. Das Messobjekt muss bei diesem Verfahren den Messfleck vollständig ausfüllen.

2-Kanalbetrieb (Quotientenbetrieb) [2C]
Die Objekttemperatur wird bei diesem Verfahren durch Quotientenbildung der Signale zweier separater und sich überlappender Infrarot-Spektralbänder berechnet. Dieses Verfahren liefert präzise Ergebnisse, wenn die Sicht auf das Messobjekt durch Gegenstände, Abschirmungen oder Sichtfenster eingeschränkt ist, wenn verschmutzte Messfenster die empfangene IR-Strahlung dämpfen sowie bei Rauch, Dampf oder Staub in der Atmosphäre.
Ein weiterer Vorteil des 2-Kanalbetriebes ist, dass das Messobjekt kleiner sein darf als der Messfleck; vorausgesetzt, der Hintergrund ist kälter als das Messobjekt **[► Das Quotientenprinzip]**.

Die CTratio - Sensoren sind empfindliche optische Systeme. Die Montage sollte deshalb ausschließlich über das vorhandene Gewinde erfolgen.
Vermeiden Sie bitte grobe mechanische Gewalt am Messkopf, da dies zur Zerstörung führen kann und in diesem Fall jegliche Gewährleistungsansprüche entfallen.

Lieferumfang

- CTratio-Messkopf mit Glasfaser-Anschlusskabel und Auswerteelektronik
- 2 Montagemuttern
- Montagewinkel, justierbar in einer Achse
- Bedienungsanleitung

Wartung

Linsenreinigung: Lose Partikel können mit sauberer Druckluft weggeblasen werden. Die Linsenoberfläche kann mit einem weichen, feuchten Tuch (befeuchtet mit Wasser oder einem wasserbasierten Glasreiniger) gereinigt werden.

ACHTUNG: Bitte benutzen Sie auf keinen Fall lösungsmittelhaltige Reinigungsmittel (weder für die Optik noch für das Gehäuse).

Sicherheitshinweis

ACHTUNG!

Dieser Sensor enthält einen INTERNEN HOCHLEISTUNGSLASER, der zur Messfleckmarkierung über das Glasfaserkabel verwendet wird.

Vor Öffnen der Elektronikbox, Demontage des Glasfaserkabels von der Elektronik bzw. Demontage des Messkopfes muss der Sensor ausgeschaltet und von der Spannungsversorgung und USB-Schnittstelle getrennt werden!

Die Laserleistung bei ordnungsgemäßem Betrieb des Sensors (Glasfaserkabel inkl. Messkopf angeschlossen) ist < 1mW und entspricht damit der Laserklasse 2 gemäß IEC 60825-1:2007.

Hinweise

Vermeiden Sie statische Aufladungen. Der minimale Biegeradius des Glasfaserkabels beträgt **40 mm**.
Sollten Probleme oder Fragen bei der Arbeit mit Ihrem CTratio auftreten, wenden Sie sich bitte an die Mitarbeiter unserer Serviceabteilung.
Lesen Sie diese Bedienungsanleitung vor der ersten Inbetriebnahme des Gerätes aufmerksam durch.
Der Hersteller behält sich im Interesse der technischen Weiterentwicklung das Recht auf Änderungen der in dieser Anleitung angegebenen Spezifikationen vor.

Werksvoreinstellung

Die Geräte haben bei Auslieferung folgende Voreinstellungen:

Signalausgabe Objekttemperatur	0-5 V
Emissionsgrad	1,000
Slope:	1,000
Mittelwertbildung (AVG)	inaktiv
Smart Averaging	inaktiv
Maximalwerthaltung (MAX)	inaktiv
Minimalwerthaltung (MIN)	inaktiv
Ausgabekanal 1	T 2C (2C-Temperatur)
untere Grenze Temperaturbereich [°C]	700
obere Grenze Temperaturbereich [°C]	1800
untere Grenze Ausgang	0 V
obere Grenze Ausgang	5 V
Maximale Signaldämpfung	95 %
Temperatureinheit	°C
Baudrate [kBaud]	115

Unter **Smart Averaging** oder **Adaptiver Mittelwertbildung** versteht man eine dynamische Anpassung der Mittelwertbildung an steile Signalflanken [Aktivierung nur über Software möglich].
► **Anhang C**

Technische Daten

Allgemeine Spezifikation

	Messkopf	Elektronik-Box
Schutzgrad	IP65 (NEMA-4)	IP65 (NEMA-4)
Umgebungstemperatur	-20...250 °C	0...85 °C (70 °C bei Laser ON)
Lagertemperatur	-40...250 °C	-40...85 °C
Relative Luftfeuchtigkeit	10...95%, nicht kondensierend	10...95%, nicht kondensierend
Material	Edelstahl	Zink, gegossen
Abmessungen	Länge: 78,1 mm (SF-Kopf) 82,6 mm (CF-Kopf) Gewinde: M18x1	89 mm x 70 mm x 30 mm
Gewicht	375 g (inkl. Glasfaserkabel 3m)	420 g
Glasfaserkabel	Multimode-Faser; Edelstahlarmierung	
Glasfaser-Kabellänge	3 m (Standard), 6 m, 10 m, 15 m, 22 m	
Vibration	IEC 68-2-6: 3G, 11 – 200Hz, jede Achse	
Schock	IEC 68-2-27: 50G, 11ms, jede Achse	
Software	CompactConnect (optional; nur zur Programmierung)	

Elektrische Spezifikation

Spannungsversorgung	8–36 VDC
Stromverbrauch	max. 200 mA
Visierlaser	650 nm, 1mW (Leistung am Messkopf) Ein/ Aus über Programmiertasten oder Software
Ausgänge/ analog	wahlweise: 0/ 4–20 mA, 0–5/ 10 V
Digitale I/O-Pins	2 programmierbare Ein-/ Ausgänge, wahlweise nutzbar als: ▪ Alarmausgang (Open-collector-Ausgang [24 V/ 1 A]) ▪ Digitaler Eingang für getriggerte Signalausgabe und Peak-Hold-Funktion
Ausgangsimpedanzen	
mA	max. Schleifenwiderstand 500 Ω (bei 8 -36 VDC)
mV	min. 100 KΩ Lastwiderstand
Digitale Schnittstelle	USB (optional; nur zur Programmierung)
Relaisausgang	2 x 60 VDC/ 42 VAC_{eff}, 0,4 A; potentialfrei (optionales Steckmodul)

Messtechnische Spezifikation

Temperaturbereich (skalierbar)	700...1800 °C
Spektralbereich	0,7...1,1 µm
Optische Auflösung	40:1 (SF-Optik) 40:1 (CF2-Optik)
Systemgenauigkeit [1]	±(0,5 % T_{Mess} +1 °C) [2]
Reproduzierbarkeit [1]	±(0,2 % T_{Mess} +1 °C) [2]
Temperaturauflösung (>900 °C)	0,1 K
Einstellzeit (95 % Signal)	5 ms...10 s [3]
Emissionsgrad	0,050...1,000 (einstellbar über Programmiertasten oder Analogeingang)
Emissionsgradverhältnis (Slope)	0,800...1,200 (einstellbar über Programmiertasten oder Analogeingang)
Signalverarbeitung	Einkanal-, Zweikanal-Modus, Überwachung der Signaldämpfung (Attenuation), Alarm, Mittelwert, MAX, MIN, erweiterte Haltefunktion mit Schwellwert und Hysterese (einstellbar über Programmiertasten oder Software)

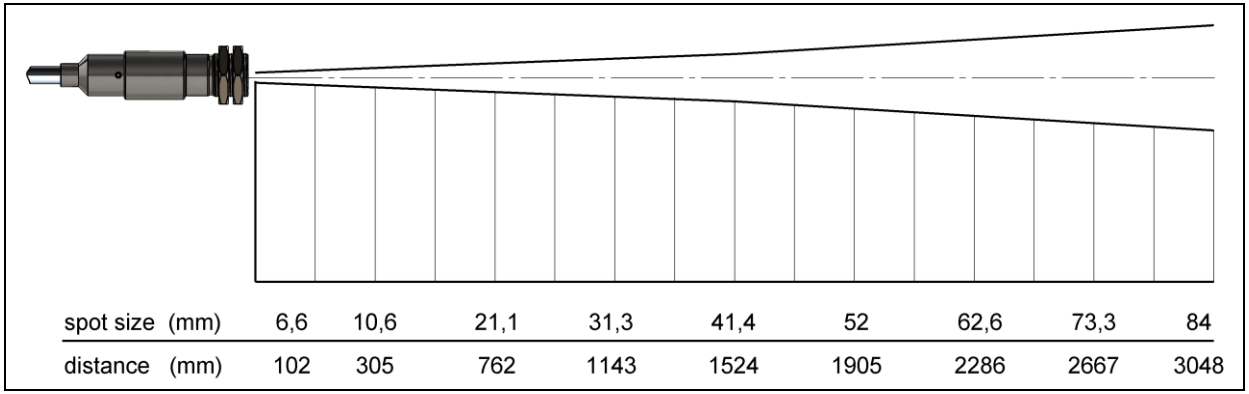
[1] bei Umgebungstemperatur 23±5 °C
[2] ε = 1/ Einstellzeit 1s
[3] mit dynamischer Anpassung bei geringen Signalpegeln

Optik

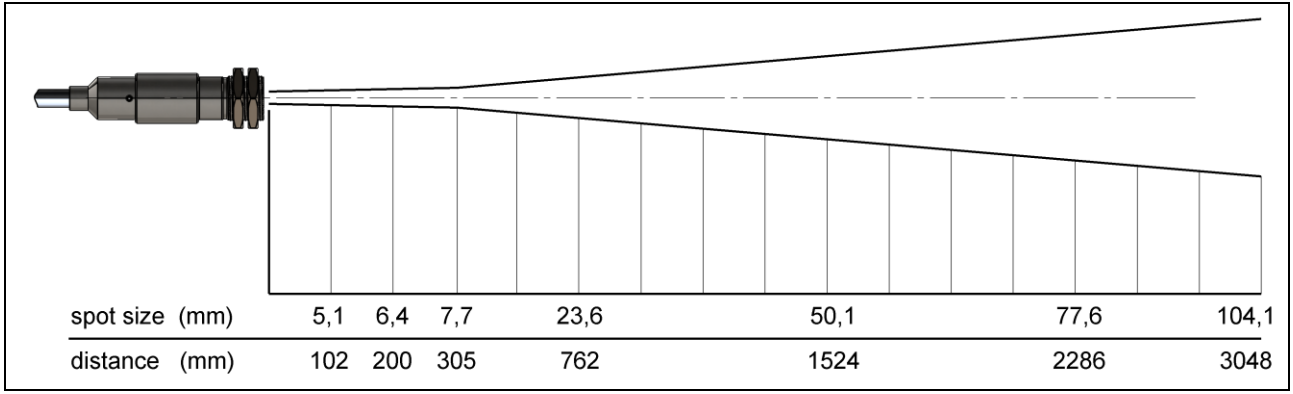
Der CTratio ist in zwei Optikvarianten erhältlich:

SF-Optik: **41 mm@ 1524 mm (D:S = 40:1)**
CF2-Optik: **7,7 mm@ 305 mm (D:S = 40:1)**

Die folgenden optischen Diagramme zeigen den Durchmesser des Messflecks in Abhängigkeit von der Messentfernung. Die Messfleckgröße bezieht sich auf 95% der Strahlungsenergie.
Die Entfernung wird jeweils von der Vorderkante des Messkopfes gemessen.



SF-Optik



CF2-Optik

spot size = Messfleckgröße
distance = Entfernung von der Vorderkante des Gerätes zum Messobjekt
Das Verhältnis D:S gilt für die Fokusentfernung.

Sensorpositionierung [1C-Betrieb]
Die Größe des zu messenden Objektes und die optische Auflösung des IR-Thermometers bestimmen den Maximalabstand zwischen Messkopf und Objekt. Zur Vermeidung von Messfehlern sollte das Messobjekt das Gesichtsfeld der Messkopfoptik vollständig ausfüllen.
Das bedeutet, der Messfleck muss immer **mindestens gleich groß** wie oder **kleiner als** das Messobjekt sein.

Sensorpositionierung [2C-Betrieb]
Der 2-Kanalbetrieb ermöglicht eine Positionierung des Sensors unter verschiedenen Bedingungen, wie z.B.:

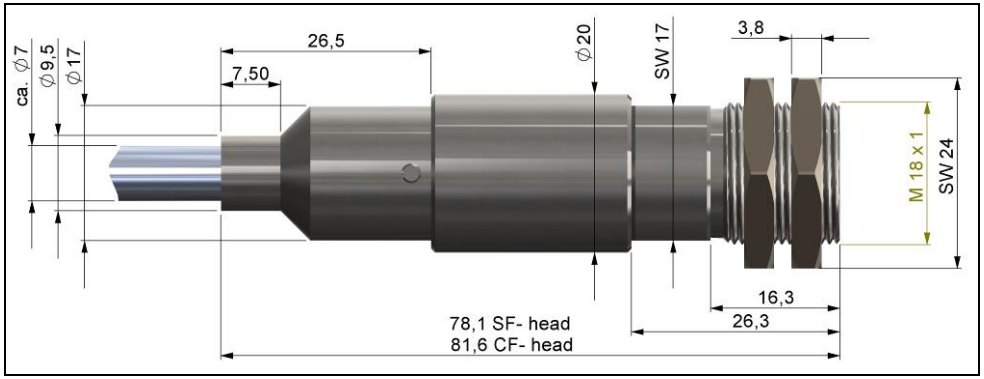
- **Messung durch Öffnungen, die kleiner als der Messfleck des Sensors sind**
- **Messung durch Staub, Rauch oder Dampf hindurch**
- **Messobjekt ist kleiner als der Messfleck**
- **Messung durch eine verschmutzte Optik oder ein verschmutztes Messfenster hindurch**

[► Quotientenprinzip]

Bitte beachten Sie, dass bei einer Signaldämpfung von mehr als 95% die Messgenauigkeit des Sensors nicht mehr gewährleistet ist.

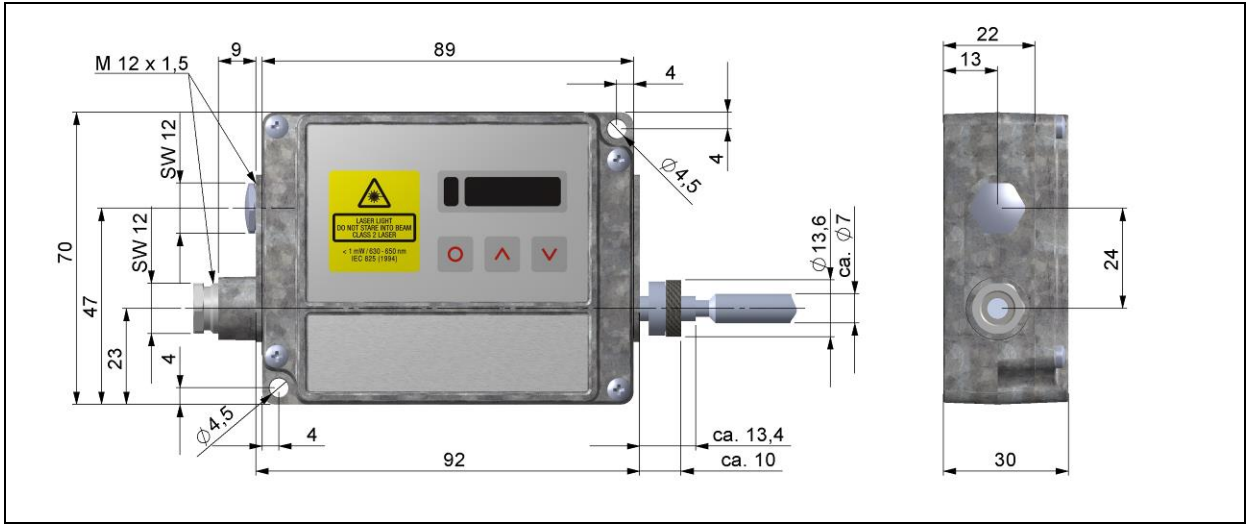
Mechanische Installation

Die CTratio-Messköpfe verfügen über ein metrisches M18x1-Gewinde und lassen sich entweder direkt über das Sensorgewinde oder mit Hilfe der mitgelieferten Sechskantmuttern (2 Stk.) an vorhandene Montagevorrichtungen installieren. Als Zubehör sind verschiedene Montagewinkel und -vorrichtungen erhältlich, die das Ausrichten des Messkopfes auf das Objekt erleichtern.



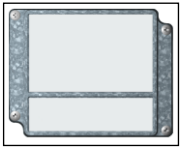
Messkopf CTratio

Bitte beachten Sie bei der Installation, dass der minimale Biegeradius des Glasfaserkabels von **40 mm** nicht unterschritten werden darf.

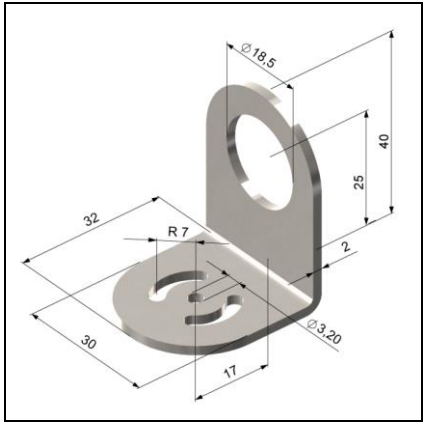


Elektronikbox

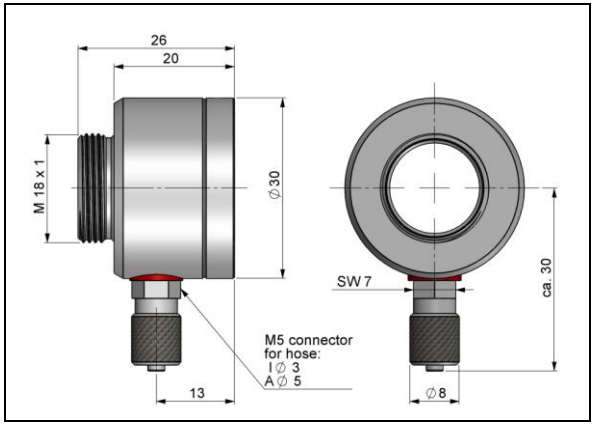
Die Elektronikbox kann wahlweise auch mit geschlossenem Gehäusedeckel (Display und Programmiertasten von außen nicht zugänglich) bestellt werden **[ACCTCOV]**.



Zubehör



Montagewinkel, justierbar in einer Achse [ACCTFBMH]

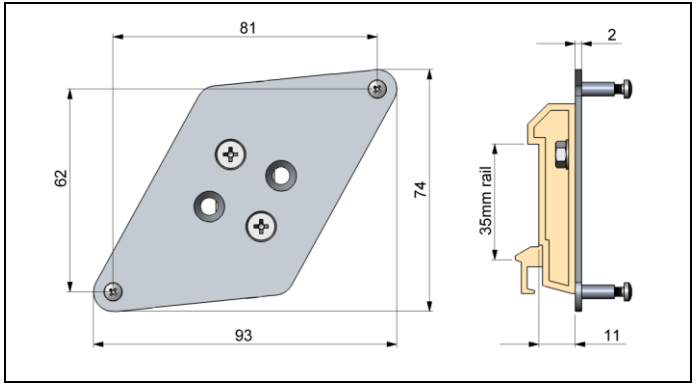


Freiblasvorsatz [ACCTAPMH]

Ablagerungen (Staub, Partikel) auf der Linse sowie Rauch, Dunst und hohe Luftfeuchtigkeit (Kondensation) können zu Fehlmessungen führen (im 1-Kanalbetrieb). Durch die Nutzung eines Freiblasvorsatzes werden diese Effekte vermieden bzw. reduziert. Achten Sie darauf ölfreie, technisch reine Luft zu verwenden.

Die benötigte Luftmenge (ca. 2...10 l/ min.) ist abhängig von der Applikation und den Bedingungen am Installationsort.

Tragschienenmontageplatte für Elektronik-Box
Mit Hilfe der Tragschienenmontageplatte kann die CTratio-Elektronik an einer Hutschiene nach EN50022 (TS35) montiert werden.



ACCTRAIL

Laservisier

Das integrierte Laservisier dient zur Ausrichtung der Optik auf das Messobjekt. Die Größe des Laserpunktes entspricht in jeder Entfernung exakt der tatsächlichen Messfleckgröße. **Bei aktiviertem Laser ist eine Temperaturmessung nicht möglich!**

Der Laser kann über die Programmiertasten am Gerät oder die Software aktiviert/ deaktiviert werden. Bei aktiviertem Laser leuchtet eine gelbe LED links neben der Temperaturanzeige. **[► Elektrische Installation/ Bedienung]**.

Bei einer Umgebungstemperatur >70 °C an der Elektronikbox schaltet sich der Laser automatisch ab.

WARNUNG: Zielen Sie mit dem Laser nicht direkt in die Augen von Personen und Tieren! Blicken Sie nicht direkt bzw. indirekt über reflektierende Flächen in den Laserstrahl!

ACHTUNG: In der Elektronikbox befindet sich ein HOCHLEISTUNGSLASER. Das Laserlicht wird in das Glasfaserkabel eingekoppelt. Beim Austritt am Messkopf beträgt die Laserleistung < 1mW und entspricht damit der Laserklasse 2 gemäß IEC 60825-1:2007.

Vor Öffnen der Elektronikbox, Demontage des Glasfaserkabels von der Elektronik bzw. Demontage des Messkopfes muss der Sensor ausgeschaltet und von der Spannungsversorgung und USB-Schnittstelle getrennt werden!

SICHERHEITSSCHALTER: Bei Demontage des Glasfaserkabels von der Elektronik wird der Laser automatisch abgeschaltet. Manipulationen an dieser Sicherheitseinrichtung sind nicht zulässig.

Elektrische Installation

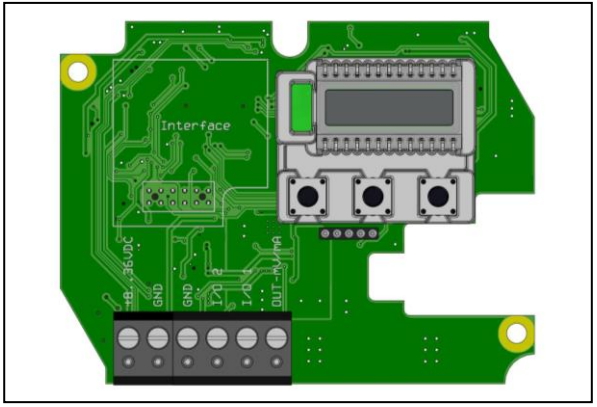
Anschluss der Kabel

Zum Anschluss des CTratio öffnen Sie bitte zunächst den Deckel der Elektronikbox (4 Schrauben). Im unteren Bereich befinden sich die Schraubklemmen für den Anschluss der Kabel.

Anschlusskennzeichnung

+8..36VDC	**Spannungsversorgung**
GND	**Masse (0V) der Spannungsversorgung**
GND	**Masse (0V) der Ein- und Ausgänge**
I/O 2	**I/O pin 2 (digitaler Ein-/ Ausgang bzw. analoger Eingang)**
I/O 1	**I/O pin 1 (digitaler Ein-/ Ausgang bzw. analoger Eingang)**
OUT-mV/mA	**Analogausgang Objekttemperatur (mV oder mA)**

ACHTUNG: An die Analogausgänge darf auf keinen Fall eine Spannung angelegt werden, da dies zur Zerstörung des Ausgangs führt!
Der CTratio ist kein Zweileitersensor!



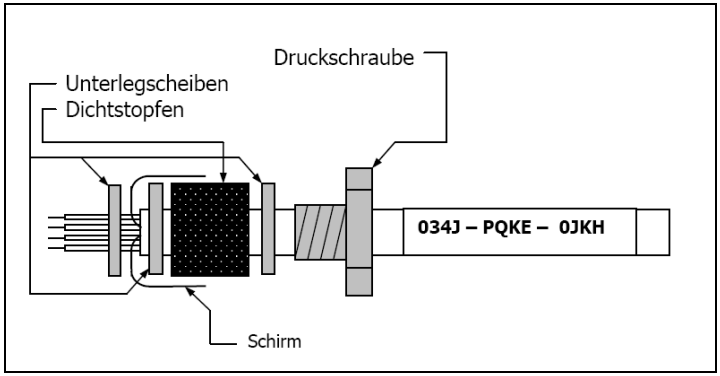
Geöffnete Elektronik-Box mit Anschlussklemmen

Spannungsversorgung

Bitte verwenden Sie ein Netzteil mit einer Ausgangsspannung von **8–36 VDC**, welches einen Strom von **200 mA** liefert. Die Restwelligkeit des verwendeten Netzteils sollte max. **200 mV** betragen.

Kabelmontage

Die vorhandene Kabelverschraubung M12x1,5 der Elektronikbox eignet sich für Kabel mit einem Außendurchmesser von 3 bis 5 mm. Entfernen Sie die Kabelisolierung (40 mm Stromversorgung, 50 mm Signalausgänge, 60 mm Funktionseingänge). Kürzen Sie das Schirmgeflecht auf ca. 5 mm und entflechten Sie die Schirmdrähte. Entfernen Sie ca. 4 mm der einzelnen Aderisolierungen und verzinnen Sie die Ader-Enden. Schieben Sie nacheinander die Druckschraube, Unterlegscheiben, Gummidichtung der Kabelverschraubung entsprechend der Abbildung über das vorbereitete Kabelende. Spreizen Sie das Schirmgeflecht auseinander und fixieren Sie den Kabelschirm zwischen zwei Metallscheiben. Führen Sie das Kabel in die Kabel-verschraubung bis zum Anschlag ein. Schrauben Sie die Kappe fest an. Die einzelnen Adern können nun entsprechend ihren Farben in die vorgesehenen Schraubklemmen befestigt werden.



Es dürfen nur abgeschirmte Kabel verwendet werden. Der Schirm des Sensors muss geerdet sein.

Masseverbindung

Auf der Mainboard-Platine finden Sie einen schwarzen Draht, welcher werksseitig die Masseklemmen (GND Versorgungsspannung/ Ausgang) mit der Gehäusemasse der Elektronikbox verbindet.
Um Masseschleifen und damit verbundene Signalstörungen zu vermeiden, ist in industrieller Umgebung ggf. ein Auftrennen dieser Verbindung erforderlich.

Aus- und Eingänge

Das CTratio hat einen Analogausgang und zwei digitale I/O-Pins (programmierbar als Ein- oder Ausgang).

Analogausgang

Die Auswahl des Signals am Ausgabekanal 1 erfolgt über die Programmiertasten **[► Bedienung]**.

Die folgenden Ausgänge sind wählbar:
0-5 V
0-10 V
0-20 mA
4-20 mA

ACHTUNG: An die Analogausgänge darf auf keinen Fall eine Spannung angelegt werden, da dies zur Zerstörung des Ausgangs führt. **Der CT ist kein Zweileitersensor!**

Die folgenden Signalquellen können am Ausgabekanal 1 ausgegeben werden:

T 2C	2C-Temperatur
T 1C	1C-Temperatur
Dämpfung	Signaldämpfung in %

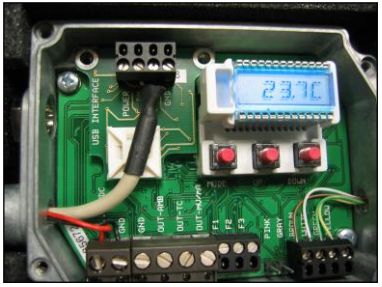
I/O Pins

Das CTratio hat zwei I/O-Pins, welche mit Hilfe der CompactConnect-Software sowohl als Ausgang (digital) als auch als Eingang (digital oder analog) programmiert werden können.
Folgende Funktionen sind möglich:

Funktion	I/O pin ist ein	Beschreibung
Digitaler Alarm	Ausgang digital	Open-collector Ausgang/ Definition als HIGH- oder LOW-Alarm über Norm. offen/ norm. geschl. im Software-Dialog
Gültig LO	Eingang digital	Der Ausgang folgt der Objekttemperatur, solange am I/O-Pin ein Low-Pegel anliegt; bei Wegfall des Low-Pegels wird der letzte Wert gehalten.
Gültig HI	Eingang digital	Der Ausgang folgt der Objekttemperatur, solange am I/O-Pin ein High-Pegel anliegt; bei Wegfall des High-Pegels wird der letzte Wert gehalten.
Hold _/‾	Eingang digital	Bei steigender Flanke am I/O-Pin wird der letzte Wert gehalten.
Hold ‾_	Eingang digital	Bei fallender Flanke am I/O-Pin wird der letzte Wert gehalten.
ext. Slope	Eingang analog	Der Slope-Wert kann über ein 0-10 V-Signal am I/O-Pin eingestellt werden (Skalierung über Software möglich).
ext. Emissionsgrad	Eingang analog	Der Emissionsgrad kann über ein 0-10 V-Signal am I/O-Pin eingestellt werden (Skalierung über Software möglich).

High-Pegel: ≥ 0,8 V
Low-Pegel: ≤ 0,8 V

Programmier-Schnittstelle



Das CTratio kann optional mit einer USB-Schnittstelle zur Programmierung des Sensors ausgestattet werden.
Zur Installation nehmen Sie zunächst die Interface-Platine und stecken diese in die dafür vorgesehene Aufnahme in der Elektronik, welche sich links neben der Anzeige befindet. In der richtigen Lage stimmen die Schraubenlöcher des Interface mit denen der Elektronik-Box überein. Drücken Sie das Interface nun nach unten, um die Kontaktierung zu erreichen und befestigen es mittels der beiden mitgelieferten Schrauben M3x5. Stecken Sie das Interface-Kabel mit der vormontierten Schraubklemme auf die Steckerleiste der Interface-Platine.

Bei Einsatz der USB-Schnittstelle wird der Sensor vom PC gespeist. Bei Nutzung des Laservisiers und/ oder der Displaybeleuchtung empfehlen wir die Verwendung eines zusätzlichen Netzteils.

Die Verwendung der USB-Schnittstelle wird ausdrücklich nur für die Programmierung des Sensors empfohlen. Ein Dauerbetrieb mit Schnittstelle ist nicht zulässig!

Bitte beachten Sie in jedem Fall die Hinweise der jeweiligen Schnittstellen-Anleitung.

Relaisausgänge

Das CTratio kann optional mit einem Relaisausgang ausgestattet werden. Die Relais-Platine wird in gleicher Weise wie die Programmierschnittstelle installiert.
Eine gleichzeitige Installation der Programmierschnittstelle und der Relaisausgänge ist nicht möglich.
Beide Relais sind vollkommen isoliert ausgelegt und können mit maximal 60 VDC/ 42 VAC_{eff}, 0,4 A DC/AC schalten. Eine rote LED signalisiert jeweils einen geschlossenen Relaiskontakt.

Die Schaltpunkte entsprechen den Werten für die visuellen Alarme (LCD-Hintergrundbeleuchtung)
Für die Einstellung der Alarmwerte werden die Programmierschnittstelle (USB) und die Software benötigt.

Alarme

Das CTratio verfügt über folgende Alarmfunktionen:

Bei allen Alarmen ist eine **Hysterese von 2 K** fest eingestellt.

Visuelle Alarme

Diese Alarme bewirken eine Änderung der Farbe des LCD-Displays und stehen über die optionale Relaisschnittstelle zur Verfügung.

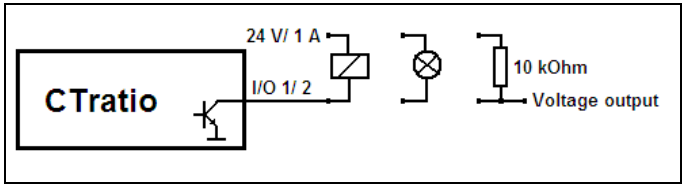
Digitale Alarme 1 und 2

Beide I/O pins können als Alarmausgang programmiert werden. In diesem Fall agiert der I/O pin als Open-collector-Ausgang (24V/ 1A).

Folgende Signalquellen können ausgewählt werden:

T 2C/ T 1C/ Dämpfung/ TBox/ TProzess (Temperatursignal, welches für den Analogausgang gewählt wurde)

Für die Einstellung der Alarme, Auswahl der Signalquellen und Definition als High- bzw. Low-Alarm (über Änderung von Normal geöffnet/ geschlossen) ist die Programmierschnittstelle (USB) inkl. der Software erforderlich.



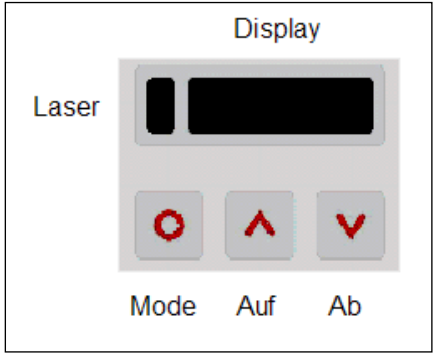
Beschaltungsvarianten des Open-collector-Ausgangs

Bedienung

Nach Zuschalten der Versorgungsspannung startet der Sensor eine Initialisierungsroutine und zeigt für einige Sekunden **INIT** im Display. Danach wird die Objekttemperatur angezeigt. Die Farbe der Displaybeleuchtung ändert sich entsprechend der Alarmeinstellungen **[► Alarme/ Visuelle Alarme]**.

Sensoreinstellungen

Mit den drei Programmiertasten **Mode**, **Auf** und **Ab** können Sensorkonfigurationen vor Ort vorgenommen werden. Das Display zeigt den aktuellen Messwert bzw. die gewählte Funktion an. Mit der Taste **Mode** gelangen Sie zur gewünschten Funktion, mit **Auf** und **Ab** können die Funktionsparameter verändert werden – **eine Veränderung von Einstellungen wird sofort übernommen.** Wenn länger als 10 Sekunden keine Taste betätigt wurde, springt die Anzeige automatisch zur Darstellung der (gemäß der gewählten Signalverarbeitung) errechneten Objekttemperatur um.



Bei Betätigen der Mode-Taste gelangt man automatisch zur zuletzt aufgerufenen Funktion.
Die Signalverarbeitungsfunktionen **Maximumsuche** und **Minimumsuche** sind nicht gleichzeitig wählbar.

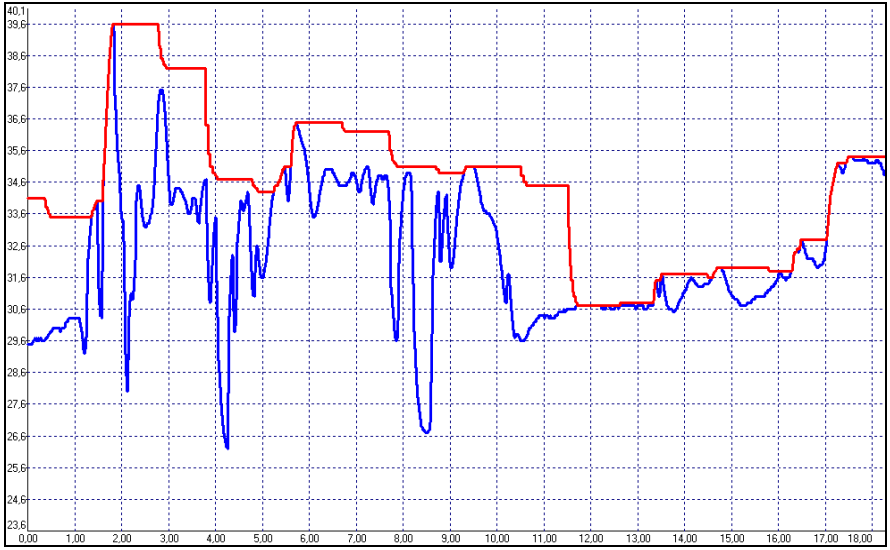
Werksvoreinstellung
Um das CTratio auf die werksseitig eingestellten Parameter zurück zu setzen, betätigen Sie bitte zunächst die **Ab**- und dann die **Mode-Taste** und halten beide ca. 3 Sekunden lang gedrückt.
Im Display erscheint als Bestätigung RESET.

Anzeige	Modus [Beispiel]	Einstellbereich
S ON	Laser-Visier [Ein]	**ON/ OFF**
700.0 | |	Aktuelle 2C-Temperatur [700,0 °C]	unveränderbar
600.0 |	Aktuelle 1C-Temperatur [600,0 °C]	unveränderbar
65.0 %	Aktuelle Signaldämpfung [65,0 %]	unveränderbar
23.3 CB	Boxtemperatur [23,3 °C]	unveränderbar
□ **MV5**	Signal Ausgabekanal 1 [0-5 V]	□ **0-20** = 0–20 mA/ □ **4-20** = 4–20 mA/ □ **MV5** = 0–5 V/ □ **MV10** = 0-10 V
R 1.000	Slope (Emissionsgradverhältnis) [1,000]	**0,800 ... 1,200**
E 0.970	Emissionsgrad [0,970]	**0,050 ... 1,000**
D 95.0	Maximale Signaldämpfung [95,0 %]	**-50,0 ... 99,0**
MD 2C	Hauptdisplay (an der Elektronik) [2C-Temperatur]	**2C** = 2C-Temperatur/ **1C** = 1C-Temperatur/ **AT** = Dämpfung
A 0.2	Signalausgabe Mittelwert [0,2 s]	**A----** = inaktiv/ **0,1 … 999,9** s
P----	Signalausgabe Maximalwert [inaktiv]	**P----** = inaktiv/ **0,1 … 999,9** s/ **P oo oo oo oo** = unendlich
V----	Signalausgabe Minimalwert [inaktiv]	**V----** = inaktiv/ **0,1 … 999,9** s/ **V oo oo oo oo** = unendlich
u 700.0	untere Grenze Temperaturbereich [700 °C]	**modellabhängig**
n 1500	obere Grenze Temperaturbereich [1500 °C]	**modellabhängig**
[0.00	untere Grenze Ausgabesignal [0 V]	entsprechend des Bereiches des gewählten Ausgangs
] 5.00	obere Grenze Ausgabesignal [5 V]	entsprechend des Bereiches des gewählten Ausgangs
U °C	Temperatureinheit [°C]	**°C/ °F**
M 01	Multidrop-Adresse [1] (nur mit RS485 Interface)	**01 … 32**
B 115	Baudrate in kBaud [115]	**9,6/ 19,2/ 38,4/ 57,6/ 115,2** kBaud

S ON	Aktivierung (**ON**) und Deaktivierung (**OFF**) des integrierten **Visierlasers** Durch Betätigen von **Auf** bzw. **Ab** wird der Laser ein- bzw. ausgeschaltet. Bei aktiviertem Laser ist keine Messung möglich.
□ MV5	Auswahl des **Ausgabesignals**. Durch Betätigen von **Auf** bzw. **Ab** können die verschiedenen Ausgangssignale **[► Aus- und Eingänge]** gewählt werden.
R 1.000	Einstellen des **Slope (Emissionsgradverhältnis)**. Durch Betätigen von **Auf** wird der Wert erhöht; **Ab** verringert den Wert (gilt auch für alle weiteren Funktionen). Der Slope-Wert ist der Quotient der Emissionsgrade der beiden sich überlappenden Wellenlängenbereiche und damit der entscheidende Parameter für den Quotientenbetrieb. **[► Charakteristische Emissionsgradverhältnisse (Slope)]**
E 0.970	Einstellen des **Emissionsgrades**. Der Emissionsgrad (ε - Epsilon) ist eine Materialkonstante, die die Fähigkeit eines Körpers, infrarote Energie auszusenden, beschreibt. Der Emissionsgrad beeinflusst lediglich die Einkanalmessung. **[► Emissionsgrad]**
D 95.0	Einstellen der zulässigen Signaldämpfung. Die Temperaturmessung wird beendet, wenn die Dämpfung das hier vorgegebene Limit übersteigt **[► Signaldämpfung]**.
MD 2C	Einstellen des Hauptdisplays (Display an der Elektronik-Box). Durch Betätigen von **Auf** und **Ab** können Sie zwischen der Anzeige der 2C-Temperatur, 1C-Temperatur oder Signaldämpfung wählen. Die Anzeige ist unabhängig von der Wahl des Ausgangssignals.

A 0.2	Einstellen der Zeit für die **Mittelwertbildung**. Bei Einstellen von **0.0** erscheint im Display **---** (Funktion deaktiviert). Bei dieser Funktion wird ein arithmetischer Algorithmus ausgeführt, um das Signal zu glätten. Die eingestellte Zeit ist die Zeitkonstante. Diese Funktion kann auch mit allen weiteren Nachverarbeitungsfunktionen kombiniert werden.
P----	Einstellen der Zeit für die **Maximumsuche**. Bei Einstellen von **0.0** erscheint im Display **---** (Funktion deaktiviert). Bei dieser Funktion wird das jeweilige Signalmaximum gehalten; d.h. bei sinkender Temperatur hält der Algorithmus den Signalpegel für die eingestellte Zeit. Nach Ablauf der Haltezeit fällt das Signal auf den zweithöchsten Wert bzw. sinkt um 1/8 der Differenz zwischen vorherigem Maximalwert und Minimalwert während der Haltezeit. Dieser Wert wird wiederum für die eingestellte Zeit gehalten. Danach fällt das Signal mit langsamer Zeitkonstante und folgt dem Verlauf der Objekttemperatur.
V----	Einstellen der Zeit für die **Minimumsuche**. Bei Einstellen von **0.0** erscheint im Display **---** (Funktion deaktiviert). Bei dieser Funktion wird das jeweilige Signalminimum gehalten. Der Algorithmus entspricht dabei dem für die Maximumsuche (invertiert).
u 700.0	Einstellen der **unteren Grenze des Temperaturbereiches**. Die minimale Differenz zwischen unterer und oberer Bereichsgrenze beträgt **20 K**. Wird die untere Grenze auf einen Wert ≥ obere Grenze gewählt, so wird die obere Grenze automatisch auf **[untere Grenze + 20 K]** gesetzt.
n 1800	Einstellen der **oberen Grenze des Temperaturbereiches**. Die minimale Differenz zwischen oberer und unterer Bereichsgrenze beträgt **20 K**. Die obere Grenze lässt sich nur auf einen Wert = untere Grenze + 20 K einstellen.

Signalverlauf bei P----



— TProzess mit Maximumsuche (Haltezeit = 1s)
— TAktuell ohne Nachverarbeitung

[0.00	Einstellen der **unteren Grenze des Ausgabesignals**. Diese Einstellung ermöglicht die Zuordnung eines bestimmten Ausgabesignalpegels zur unteren Grenze des Temperaturbereichs. Der Einstellbereich entspricht dem gewählten Ausgabemodus (z.B. 0-5 V).
] 5.00	Einstellen der **oberen Grenze des Ausgabesignals**. Diese Einstellung ermöglicht die Zuordnung eines bestimmten Ausgabesignalpegels zur oberen Grenze des Temperaturbereichs. Der Einstellbereich entspricht dem gewählten Ausgabemodus (z.B. 0-5 V).
U °C	Einstellen der **Temperatureinheit** [°C oder °F].
M 01	Einstellen der **Multidrop-Adresse**. In einem RS485-Netzwerk benötigt jeder Sensor eine eigene Adresse. Dieser Menüpunkt wird nur bei installierter RS485-Schnittstelle angezeigt.
B 115k	Einstellen der **Baudrate** für die digitale Datenübertragung.

Software CompactConnect

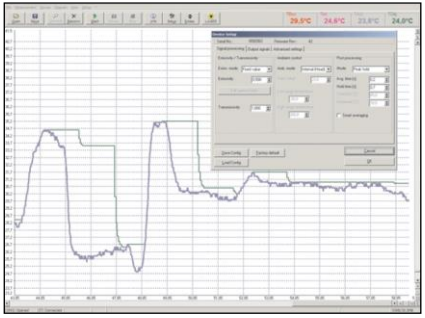
Installation

Legen Sie die Installations-CD in das entsprechende Laufwerk Ihres PC ein. Wenn die Autorun-Option auf Ihrem Computer aktiviert ist, startet der Installationsassistent (**Installation wizard**) automatisch. Andernfalls starten Sie bitte **CDsetup.exe** von der CD-ROM. Folgen Sie bitte den Anweisungen des Assistenten, bis die Installation abgeschlossen ist.

Minimale Systemvoraussetzungen:
- Windows XP, Vista, 7
- USB-Schnittstelle
- Festplatte mit mind. 30 MByte Speicherplatz
- Mindestens 128 MByte RAM
- CD-ROM-Laufwerk

Nach der Installation finden Sie die Software auf Ihrem Desktop (als Programmsymbol) sowie im Startmenü unter: **[Start]\Programme\CompactConnect**.
Wenn Sie die Software deinstallieren wollen, nutzen Sie bitte **Uninstall** im Startmenü.

Eine detaillierte Softwarebeschreibung befindet sich auf der Software-CD.



Hauptfunktionen:

- Komplette Parametrierung des Sensors
- Programmierung der Signalverarbeitungsfunktionen
- Skalierung der Ausgänge und Parametrierung der Funktionseingänge

Kommunikationseinstellungen

Serielles Interface

Baudrate:	9,6...115,2 kBaud (einstellbar am Gerät oder über Software)
Datenbits:	8
Parität:	keine
Stopp bits:	1
Flusskontrolle:	aus

Protokoll

Alle CTratio-Sensoren verwenden ein binäres Protokoll.

Prinzip der Infrarot-Temperaturmessung

In Abhängigkeit von der Temperatur sendet jeder Körper eine bestimmte Menge infraroter Strahlung aus. Mit einer Temperaturänderung des Objektes geht eine sich ändernde Intensität der Strahlung einher. Der für die Infrarotmesstechnik genutzte Wellenlängenbereich dieser so genannten „Wärmestrahlung“ liegt zwischen etwa 1µm und 20µm. Die Intensität der emittierten Strahlung ist materialabhängig. Die materialabhängige Konstante wird als Emissionsgrad (ε - Epsilon) bezeichnet und ist für die meisten Stoffe bekannt (siehe Abschnitt Emissionsgrad).

Infrarot-Thermometer sind optoelektronische Sensoren. Sie ermitteln die von einem Körper abgegebene Infrarotstrahlung und berechnen auf dieser Grundlage die Oberflächentemperatur. Die wohl wichtigste Eigenschaft von Infrarot-Thermometern liegt in der berührungslosen Messung. So lässt sich die Temperatur schwer zugänglicher oder sich bewegender Objekte ohne Schwierigkeiten bestimmen. Infrarot-Thermometer bestehen im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Linse
- Spektralfilter
- Detektor
- Elektronik (Verstärkung/ Linearisierung/ Signalverarbeitung)

Die Eigenschaften der Linse bestimmen maßgeblich den Strahlengang des Infrarot-Thermometers, welcher durch das Verhältnis Entfernung (**D**istance) zu Messfleckgröße (**S**pot) charakterisiert wird. Der Spektralfilter dient der Selektion des Wellenlängenbereiches, welcher für die Temperaturmessung relevant ist. Der Detektor hat gemeinsam mit der nachgeschalteten Verarbeitungselektronik die Aufgabe, die Intensität der emittierten Infrarotstrahlung in elektrische Signale umzuwandeln.

Das Quotientenprinzip

Die Quotientenmessung (auch als 2-Kanal- oder Zweifarbmessung bezeichnet) ermöglicht die präzise und reproduzierbare Ermittlung der Temperatur unabhängig von absoluten Energiewerten. Ein Quotientenpyrometer bestimmt die Temperatur auf Grundlage des Verhältnisses der abgestrahlten Energie in zwei unterschiedlichen Wellenlängen.
Der Vorteil des Einsatzes von Quotientenpyrometern besteht darin, dass sie präzise Messungen ermöglichen, wenn:

- ► die Sicht auf das Messobjekt teilweise blockiert oder behindert ist.
- ► das Messobjekt kleiner ist als der Messfleck des Sensors.
- ► das Messobjekt einen niedrigen und/oder einen in beiden Wellenlängen um den gleichen Faktor schwankenden Emissionsgrad besitzt.

Weiterhin ist von Vorteil, dass Quotientenpyrometer innerhalb des Messfleckes die Maximaltemperatur genauer ermitteln können, anstatt nur eine Durchschnittstemperatur anzugeben. Ein Quotientenpyrometer kann in größerer Entfernung zum Messobjekt installiert werden, auch wenn das Messobjekt den Messfleck nicht voll ausfüllt. Es entfällt damit die Forderung, den Messkopf in einer durch die Größe des Messobjekts und die optische Auflösung des Messkopfes genau definierten Entfernung zu montieren.

Teilweise verdeckte Messobjekte

Die von einem Objekt ausgestrahlte Infrarotenergie wird zumeist gedämpft, wenn andere Objekte (z.B. atmosphärische Schwebstoffe) die Sicht auf das Messobjekt behindern. Bleibt jedoch das Verhältnis der Energiemengen der beiden Wellenlängen untereinander unverändert, so können dennoch die Temperaturen exakt gemessen werden.

Ein Quotientenpyrometer ist einem 1-Kanalgerät vorzuziehen, wenn:

- ► die Sicht auf das Messobjekt (ständig oder zeitweilig) teilweise blockiert ist.
- ► sich Staub, Rauch oder Dampf in der Atmosphäre zwischen Messkopf und Messobjekt befinden.
- ► die Messungen durch Objekte oder Bereiche hindurch erfolgen, die die abgestrahlte Energie abschwächen, wie zum Beispiel durch Gitter, Abschirmungen, Kanäle oder kleine Öffnungen.
- ► die Messungen durch ein Messfenster hindurch erfolgen, das bedingt durch Schmutz- oder Feuchtigkeitsablagerungen auf der Fensteroberfläche einen nicht vorhersagbaren bzw. schwankenden IR-Transmissionsgrad besitzt.
- ► sich Schmutz oder Kondensat auf der Optik des Messkopfes ansammeln können.

Bei 1-Kanal-Messköpfen führt eine verschmutzte Atmosphäre und verschmutzte Messfenster immer zu einer Signaldämpfung und zur Anzeige einer zu niedrigen Temperatur.

Messobjekte kleiner als der Messfleck

Wenn das Messobjekt nicht groß genug ist, um den Messfleck vollständig auszufüllen, oder wenn sich das Messobjekt im Messfeld bewegt, verringert sich zwar die Menge der abgestrahlten Energie, jedoch bleibt das Verhältnis der Energiemengen zueinander unverändert. Daher wird bei der Quotientenmessung weiterhin die korrekte Temperatur angezeigt. Das gilt solange, wie die Hintergrundtemperatur deutlich unter der Temperatur des Messobjekts liegt.
Beispiel:

- ► Messungen an Drähten oder Stäben, die häufig zu schmal für das Messfeld sind oder sich unvorhersehbar bewegen oder schwingen. Hier sind die Messungen im Quotientenbetrieb viel exakter auszuführen, da das Anvisieren nicht so kritisch ist wie bei der 1-Kanalmessung.

Niedrige oder schwankende Emissionsgrade

Wenn die Emissionsgrade bei beiden Wellenlängen identisch wären, wie es bei einem schwarzen Strahler (Emissionsgrad = 1,0) oder grauem Strahler (Emissionsgrad < 1,0, jedoch konstant) der Fall ist, dann würde ihr Verhältnis 1:1 betragen und der Emissionsgrad des Messobjekts hätte keinen Einfluss auf die Messung. Da in der Natur jedoch kein grauer Strahler vorkommt, ändert sich der Emissionsgrad aller Objekte in unterschiedlichem Maße und abhängig vom jeweiligen Material mit der Wellenlänge und der Temperatur. Bei nicht genau bestimmtem oder sich änderndem Emissionsgrad liefert ein Quotientenpyrometer genauere Messergebnisse als ein 1-Kanal-Messgerät, wenn sich der Emissionsgrad in beiden Wellenlängen um den gleichen Faktor verändert. Beachten Sie bitte, dass exakte Messergebnisse von der Anwendung und dem gemessenen Materialtyp abhängen. Bei Fragen zum optimalen Einsatz des Quotientenpyrometers bei Anwendungen mit unbestimmten oder sich ändernden Emissionsgraden wenden Sie sich bitte an unsere Applikationsspezialisten.

Emissionsgrad

Definition

Die Intensität der infraroten Wärmestrahlung, die jeder Körper aussendet, ist sowohl von der Temperatur als auch von den Strahlungseigenschaften des zu untersuchenden Materials abhängig. Der Emissionsgrad (**ε** - Epsilon) ist die entsprechende Materialkonstante, die die Fähigkeit eines Körpers, infrarote Energie auszusenden, beschreibt. Er kann zwischen 0 und 100 % liegen. Ein ideal strahlender Körper, ein so genannter „Schwarzer Strahler“, hat einen Emissionsgrad von 1,0, während der Emissionsgrad eines Spiegels beispielsweise bei 0,1 liegt.
Wird ein zu hoher Emissionsgrad eingestellt, ermittelt das Infrarot-Thermometer eine niedrigere als die reale Temperatur, unter der Voraussetzung, dass das Messobjekt wärmer als die Umgebung ist. Bei einem geringen Emissionsgrad (reflektierende Oberflächen) besteht das Risiko, dass störende Infrarotstrahlung von Hintergrundobjekten (Flammen, Heizanlagen, Schamotte usw.) das Messergebnis verfälscht. Um den Messfehler in diesem Fall zu minimieren, sollte die Handhabung sehr sorgfältig erfolgen und das Gerät gegen reflektierende Strahlungsquellen abgeschirmt werden.

Bestimmung eines unbekannten Emissionsgrades

- ► Mit einem Thermoelement, Kontaktfühler oder ähnlichem lässt sich die aktuelle Temperatur des Messobjektes bestimmen. Danach kann die Temperatur mit dem Infrarot-Thermometer gemessen und der Emissionsgrad soweit verändert werden, bis der angezeigte Messwert mit der tatsächlichen Temperatur übereinstimmt.
- ► Bei Temperaturmessungen bis 380 °C besteht die Möglichkeit, auf dem Messobjekt einen speziellen Kunststoffaufkleber (Emissionsgradaufkleber – Bestell-Nr.: ACLSED). anzubringen, der den Messfleck vollständig bedeckt. Stellen Sie nun den Emissionsgrad auf 0,95 ein und messen Sie die Temperatur des Aufklebers. Ermitteln Sie dann die Temperatur einer direkt angrenzenden Fläche auf dem Messobjekt

und stellen Sie den Emissionsgrad so ein, dass der Wert mit der zuvor gemessenen Temperatur des Kunststoffaufklebers übereinstimmt.

► Tragen sie auf einem Teil der Oberfläche des zu untersuchenden Objektes, soweit dies möglich ist, matte, schwarze Farbe mit einem Emissionsgrad von mehr als 0,98 auf. Stellen Sie den Emissionsgrad Ihres Infrarot-Thermometers auf 0,98 ein und messen Sie die Temperatur der gefärbten Oberfläche. Anschließend bestimmen Sie die Temperatur einer direkt angrenzenden Fläche und verändern die Einstellung des Emissionsgrades soweit, bis die gemessene Temperatur der an der gefärbten Stelle entspricht.

WICHTIG: Bei allen drei Methoden muss das Objekt eine von der Umgebungstemperatur verschiedene Temperatur aufweisen.

Charakteristische Emissionsgrade

Sollte keine der oben beschriebenen Methoden zur Ermittlung Ihres Emissionsgrades anwendbar sein, können Sie sich auf die Emissionsgradtabellen ► Anhang A und B beziehen. Beachten Sie, dass es sich in den Tabellen lediglich um Durchschnittswerte handelt. Der tatsächliche Emissionsgrad eines Materials wird u.a. von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Temperatur
- Messwinkel
- Geometrie der Oberfläche (eben, konvex, konkav)
- Dicke des Materials
- Oberflächenbeschaffenheit (poliert, oxidiert, rau, sandgestrahlt)
- Spektralbereich der Messung
- Transmissionseigenschaften (z.B. bei dünnen Folien)

Charakteristische Emissionsgradverhältnisse (Slope)

Das Emissionsgradverhältnis (Slope) ist der Quotient der Emissionsgrade der beiden überlappenden Wellenlängenbereiche. Der werksseitig voreingestellte Wert liegt bei 1,000.
Die folgenden Slope-Werte sind Richtwerte. Die realen Werte hängen von der Oberflächenbeschaffenheit und genauen Materialzusammensetzung (Legierung) ab.

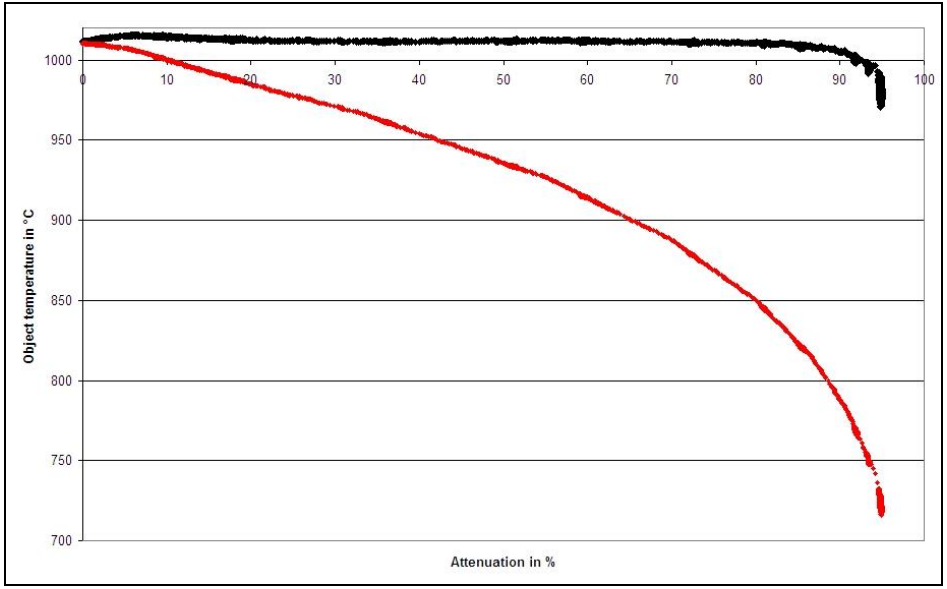
Edelstahl, Eisen, Kobalt, Nickel, Stahl	► oxidierte Oberfläche	**Slope: 1,000**
Edelstahl, Eisen, Eisenschmelze, Kobalt, Molybdän, Nickel, Platin, Rhodium, Stahl, Tantal, Wolfram	► nicht oxidierte Oberfläche	**Slope: 1,060**

Bestimmung eines unbekannten Slope-Wertes

Generell können Sie die gleichen Methoden zur Bestimmung eines unbekannten Slope-Wertes verwenden wie unter ► **Bestimmung eines unbekannten Emissionsgrades** beschrieben. Da das CTratio für Anwendungen im Hochtemperaturbereich bestimmt ist, wird in der Praxis nur die erste Methode anwendbar sein (Verwendung eines Thermoelementes oder anderen Kontakt-Thermometers).

Signaldämpfung

Das CTratio kann die Temperatur von Objekten messen, die kleiner als der Messfleck sind. Wenn das Messobjekt kleiner als der Messfleck ist (und damit das Signal gedämpft wird), kann es zu einer geringfügigen Verfälschung der Messwerte kommen. Diese Verfälschung ist abhängig von der Objekttemperatur und vom Dämpfungswert. Je höher die Objekttemperatur und die Dämpfung, desto größer ist die Abweichung.



Diese Abbildung zeigt den typischen Messtemperaturverlauf eines Quotientenpyrometers im 1-bzw. 2-Kanalmodus bei zunehmender Abschwächung (Attenuation) der optischen Durchlässigkeit der Messstrecke, die z.B. durch eine Verschmutzung der Optik hervorgerufen werden kann. Dank des Quotienten-pyrometerprinzips ist das 2-Kanal-Signal (obere Kurve) bis zu einer Abschwächung von deutlich über 90% sehr stabil. Das Signal im 1-Kanal-Modus (untere Kurve) sinkt demgegenüber mit zunehmender Verschmutzung der Optik kontinuierlich ab und liefert damit falsche , d.h. zu geringe Temperaturmesswerte.

Anhang A – Emissionsgradtabelle Metalle

Material		typischer Emissionsgrad			
Spektrale Empfindlichkeit		**1,0 µm**	**1,6 µm**	**5,1 µm**	**8-14 µm**
Aluminium	nicht oxidiert	0,1-0,2	0,02-0,2	0,02-0,2	0,02-0,1
	poliert	0,1-0,2	0,02-0,1	0,02-0,1	0,02-0,1
	aufgeraut	0,2-0,8	0,2-0,6	0,1-0,4	0,1-0,3
	oxidiert	0,4	0,4	0,2-0,4	0,2-0,4
Blei	poliert	0,35	0,05-0,2	0,05-0,2	0,05-0,1
	aufgeraut	0,65	0,6	0,4	0,4
	oxidiert		0,3-0,7	0,2-0,7	0,2-0,6
Chrom		0,4	0,4	0,03-0,3	0,02-0,2
Eisen	nicht oxidiert	0,35	0,1-0,3	0,05-0,25	0,05-0,2
	verrostet		0,6-0,9	0,5-0,8	0,5-0,7
	oxidiert	0,7-0,9	0,5-0,9	0,6-0,9	0,5-0,9
	geschmiedet, stumpf	0,9	0,9	0,9	0,9
	geschmolzen	0,35	0,4-0,6		
Eisen, gegossen	nicht oxidiert	0,35	0,3	0,25	0,2
	oxidiert	0,9	0,7-0,9	0,65-0,95	0,6-0,95
Gold		0,3	0,01-0,1	0,01-0,1	0,01-0,1
Haynes	Legierung	0,5-0,9	0,6-0,9	0,3-0,8	0,3-0,8
Inconel	elektropoliert	0,2-0,5	0,25	0,15	0,15
	sandgestrahlt	0,3-0,4	0,3-0,6	0,3-0,6	0,3-0,6
	oxidiert	0,4-0,9	0,6-0,9	0,6-0,9	0,7-0,95
Kupfer	poliert	0,05	0,03	0,03	0,03
	aufgeraut	0,05-0,2	0,05-0,2	0,05-0,15	0,05-0,1
	oxidiert	0,2-0,8	0,2-0,9	0,5-0,8	0,4-0,8
Magnesium		0,3-0,8	0,05-0,3	0,03-0,15	0,02-0,1

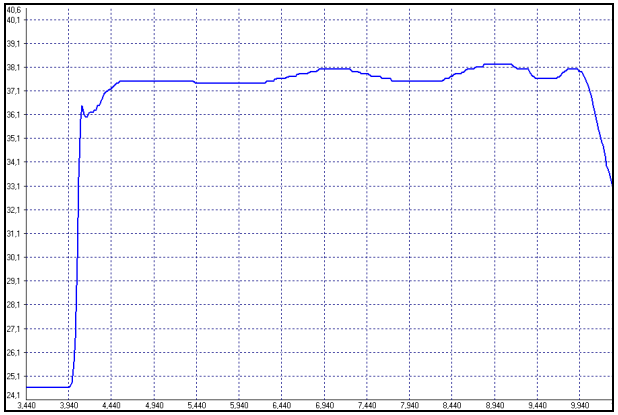
Material		typischer Emissionsgrad			
Spektrale Empfindlichkeit		**1,0 µm**	**1,6 µm**	**5,1 µm**	**8-14 µm**
Messing	poliert	0,35	0,01-0,5	0,01-0,05	0,01-0,05
	rau	0,65	0,4	0,3	0,3
	oxidiert	0,6	0,6	0,5	0,5
Molybdän	nicht oxidiert	0,25-0,35	0,1-0,3	0,1-0,15	0,1
	oxidiert	0,5-0,9	0,4-0,9	0,3-0,7	0,2-0,6
Monel (Ni-Cu)		0,3	0,2-0,6	0,1-0,5	0,1-0,14
Nickel	elektrolytisch	0,2-0,4	0,1-0,3	0,1-0,15	0,05-0,15
	oxidiert	0,8-0,9	0,4-0,7	0,3-0,6	0,2-0,5
Platin	schwarz		0,95	0,9	0,9
Quecksilber			0,05-0,15	0,05-0,15	0,05-0,15
Silber		0,04	0,02	0,02	0,02
Stahl	poliertes Blech	0,35	0,25	0,1	0,1
	rostfrei	0,35	0,2-0,9	0,15-0,8	0,1-0,8
	Grobblech			0,5-0,7	0,4-0,6
	kaltgewalzt	0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9	0,7-0,9
	oxidiert	0,8-0,9	0,8-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9
Titan	poliert	0,5-0,75	0,3-0,5	0,1-0,3	0,05-0,2
	oxidiert		0,6-0,8	0,5-0,7	0,5-0,6
Wolfram	poliert	0,35-0,4	0,1-0,3	0,05-0,25	0,03-0,1
Zink	poliert	0,5	0,05	0,03	0,02
	oxidiert	0,6	0,15	0,1	0,1
Zinn	nicht oxidiert	0,25	0,1-0,3	0,05	0,05

Anhang B – Emissionsgradtabelle Nichtmetalle

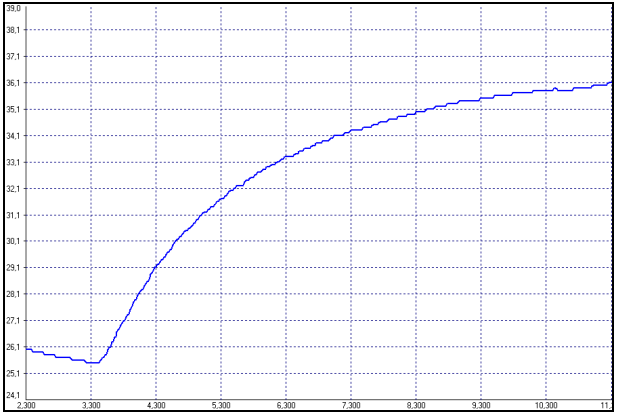
Material		typischer Emissionsgrad			
Spektrale Empfindlichkeit		**1,0 µm**	**2,2 µm**	**5,1 µm**	**8-14 µm**
Asbest		0,9	0,8	0,9	0,95
Asphalt				0,95	0,95
Basalt				0,7	0,7
Beton		0,65	0,9	0,9	0,95
Eis					0,98
Erde					0,9-0,98
Farbe	nicht alkalisch				0,9-0,95
Gips				0,4-0,97	0,8-0,95
Glas	Scheibe		0,2	0,98	0,85
	Schmelze		0,4-0,9	0,9	
Gummi				0,9	0,95
Holz	natürlich			0,9-0,95	0,9-0,95
Kalkstein				0,4-0,98	0,98
Karborund			0,95	0,9	0,9
Keramik		0,4	0,8-0,95	0,8-0,95	0,95
Kies				0,95	0,95
Kohlenstoff	nicht oxidiert		0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9
	Graphit		0,8-0,9	0,7-0,9	0,7-0,8
Kunststoff >50 µm	lichtundurchlässig			0,95	0,95
Papier	jede Farbe			0,95	0,95
Sand				0,9	0,9
Schnee					0,9
Textilien				0,95	0,95
Wasser					0,93

Anhang C – Adaptive Mittelwertbildung

Die Mittelwertbildung wird in der Regel eingesetzt, um Signalverläufe zu glätten. Über den einstellbaren Parameter Zeit kann dabei diese Funktion an die jeweilige Anwendung optimal angepasst werden. Ein Nachteil der Mittelwertbildung ist, dass schnelle Temperaturanstiege, die durch dynamische Ereignisse hervorgerufen werden, der gleichen Mittlungszeit unterworfen sind und somit nur zeitverzögert am Signalausgang bereitstehen. Die Funktion **Adaptive Mittelwertbildung (Smart Averaging)** eliminiert diesen Nachteil, indem schnelle Temperaturanstiege ohne Mittelwertbildung direkt an den Signalausgang durchgestellt werden.



Signalverlauf mit Smart Averaging-Funktion



Signalverlauf ohne Smart Averaging-Funktion